

МЕТОДИ КВАНТОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Задача оптимізації полягає у пошуку найкращого рішення у множині можливих рішень з урахуванням набору обмежень і поставлених цілей. Квантові комп'ютери добре підходять для завдань оптимізації завдяки їх здатності одночасно виконувати певну кількість обчислень і паралельно досліджувати велику кількість можливих рішень. Теоретично це дозволяє квантовим комп'ютерам вирішувати більшість існуючих задач оптимізації набагато швидше, ніж класичним комп'ютерам.

На сьогодні прогнозується, що за допомогою квантових обчислень можна поліпшити обчислення у багатьох сферах, таких, як алгоритми машинного навчання, вирішення складних логістичних завдань, оптимізація фінансових портфелів, проектування складних систем.

Вже створено алгоритми, які можуть бути використані для вирішення задач оптимізації на квантових обчисленнях. Вони засновані на принципах квантової механіки і дозволяють отримати переваги квантових комп'ютерів. Найвідомішими квантовими алгоритмами з явним практичним значенням є алгоритм пошуку Гровера та алгоритм Шора [1].

Алгоритм Гровера відноситься до квантового алгоритму неструктурованого пошуку, який з високою ймовірністю знаходить унікальний вхід у функцію чорної скриньки, що надає конкретне вихідне значення. Тобто його призначення це знаходження рішення для рівняння виду $f(x) = y$, де f - будь-яка функція від n змінних. Алгоритм здатний суттєво пришвидшити пошук у базах даних.

Алгоритм Пітера Шора полягає у розкладанні чисел на прості множники, і, відповідно, дозволяє факторизувати число N за поліноміальний час. За наявності квантового комп'ютера одна з найпопулярніших криптографічних систем RSA може бути ефективно зламана за зовсім нетривалий час [2].

Але, незважаючи на теоретичні демонстрації переваги квантових систем, більшість з розроблених алгоритмів виходять за рамки сучасної реальності квантового обладнання, а вимоги, які у алгоритмах висуваються до квантових комп'ютерів, не мають фізичної реалізації на сьогодні.

Наразі квантові обчислення проходять так звану шумну еру середнього масштабу (NISQ), а саме: апаратне забезпечення суттєво обмежене у глибині схеми через збільшення шуму, що виникає у квантовій системі, а також існує обмеження за кількістю доступних кубітів. Явище шуму пов'язане з особли-

востями квантової механіки. Однією з причин є релаксація енергії кубіту, що призводить до спонтанного переходу кубіту зі стану $|1\rangle$ у стан $|0\rangle$. Сьогоднішні квантові технології не дозволяють проводити повноцінну корекцію таких помилок під час виконання програми. Слід зазначити, що вже існує підхід, що дозволяє виходячи з результатів вимірювань, які містять помилки, відновити стан, що буде наближений до результату, який би був за відсутності помилок. Підхід має назву «Зменшення помилок вимірювання» (MEM), але навіть він не гарантує абсолютний результат та, звісно ускладнює розрахунки.

Через зазначені проблеми дослідники, з метою отримання практичних результатів, змушені бути зосередженими на розробці квантових алгоритмів, сумісних з NISQ. Одним з алгоритмів які отримали найбільш широке вивчення в цій галузі є алгоритм квантової наближеної оптимізації (QAOA) і варіаційний квантовий власний вирішувач. Вони обидва є варіаційними квантовими алгоритмами (VQA), що використовують параметричні квантові схеми (з класично оптимізованими параметрами). Слід зазначити, що через структурні особливості значені методи мають відчутні обмеження у використанні.

У результаті аналізу квантових методів оптимізації можна дійти висновку, що незважаючи на прогнозований підйом розрахункової потужності обчислень та оптимізації, наразі немає можливості реалізувати потенціал квантової технології через недосконалість технічних засобів.

Однак, незважаючи на це, методи квантової оптимізації доцільно вивчати і вдосконалювати з оглядом на перспективність галузі. Окрім цього, вже створені апаратні засоби, які здатні забезпечити перевірку базових, відносно простих теоретичних розрахунків, підтверджують їх та стимулюють інтерес серед науковців до даної теми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Journal of Intelligent Transportation Systems [Електронний ресурс] / [R. Arvin, A. J. Khattak, M. Kamrani та ін.]. – 2021. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1080/15472450.2020.1834392>.
2. Preferred level of vehicle automation in Turkey and Sweden: in association with traffic climate, traffic locus of control and driving skills [Електронний ресурс] / [I. Ozturk]. – 2021. – Режим доступу: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27010.20167>
3. Automated Real-Time Intelligent Traffic Control System for Smart Cities Using Wireless Sensor Networks [Електронний ресурс] / A. Hilmani, A. Maizate, L. Hassouni. – 2020. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1155/2020/8841893>.
4. Assessing acceptance of electric automated vehicles after exposure in a realistic traffic environment [Електронний ресурс] / J. C. Zoellick, A. Kuhlmeier, L. Schenk, D. Schindel, S. Bluher. – 2019. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215969>.